



REC'D 20 JUL 2004
WIPO PCT

CERTIFICADO DE PEDIDO DE PATENTE DE INVENÇÃO

Campo das Cebolas - 1149-035 LISBOA - Portugal
Telef.: +351 21 881 81 00 - Linha Azul: 808 20 06 89
Fax: +351 21 886 00 66 - +351 21 887 53 08
E-mail: lnpl@mail.telepac.pt

Patente de Invenção N° 102968

Data do Pedido: 2003.06.06

Requerente(s):

PEDRO ÁLVARES RIBEIRO DO CARMO PACHECO
R CIDADE DE BRISTOL 66 1 HAB 4, 4250-135 PORTO PT

Inventor(es):

PEDRO ÁLVARES RIBEIRO DO CARMO PACHECO
R CIDADE DE BRISTOL 66 1 HAB 4, 4250-135 PORTO

Epígrafe ou Título: CIMBRE COM PRÉ-ESFORÇO AUTO-AJUSTÁVEL E UM MÉTODO DE
REFORÇAR CIMBRES RECORRENDOA PRÉ-ESFORÇO AUTO-AJUSTÁVEL

Reivindicação de Prioridade (Convenção de Paris)

Nº Pedido	Data de Pedido	País de origem

RESUMO

Cimbre com pré-esforço auto-ajustável e um método de reforçar cimbres recorrendo a pré-esforço auto-ajustável

A presente invenção diz respeito a um cembre com pré-esforço auto-ajustável, e a um método de ajustar de modo automático o pré-esforço em cimbres pré-esforçados. De acordo com a presente invenção, o cembre pré-esforçado possui uns sensores que permitem medir e enviar continuamente dados sobre a estrutura do cembre a uns meios de controlo; sendo esses meios de controlo capazes de analisar os referidos dados e induzir a actividade de uns actuadores, o que se materializa na variação de tensionamento dos cabos de pré-esforço. A implementação das variações no tensionamento dos cabos de pré-esforço é realizada através de sistemas servo-hidráulicos permanentemente instalados entre os cabos e a estrutura.

O uso de pré-esforço auto-ajustável em cimbres traz várias melhorias ao estado da técnica, nomeadamente em termos de eficiência, rentabilidade, fiabilidade e controlo de qualidade.

DESCRIÇÃO

Cimbre com pré-esforço auto-ajustável e um método de reforçar cimbres recorrendo a pré-esforço auto-ajustável

Campo da Invenção

A presente invenção diz respeito a um cembre, e mais especificamente a um cembre com pré-esforço auto-ajustável destinado a ser utilizado em diversos processos construtivos. A presente invenção também refere-se a um método de ajustar automaticamente o pré-esforço em cimbres a fim de proporcionar uma utilização mais eficaz do pré-esforço.

Estado da Arte

Nas ultimas décadas, como alternativa à construção com "cembre ao solo", são frequentemente usadas vigas de lançamento (superiores ou inferiores) que reduzem significativamente os riscos associados à primeira solução construtiva, permitindo ritmos de construção elevados. As vigas de lançamento são cimbres particularmente competitivos na construção de viadutos e pontes com vários tramos, em terrenos irregulares ou com fraca capacidade de carga e em obras realizadas a cotas elevadas. Dadas as diversas vantagens deste tipo de equipamentos construtivos, o argumento que obsta à sua ainda mais generalizada aplicação é o seu elevado custo.

O dimensionamento de cimbres usados na construção de viadutos e pontes ou de peças singulares de edifícios, é, normalmente, feito para cada obra em particular. Dada a elevada razão cargas variáveis / cargas permanentes, não é habitual o recurso a pré-esforço convencional (não ajustável). Tratam-se de estruturas metálicas treliçadas ou realizadas com perfis compostos de alma cheia que

representam um custo significativo em cada obra, pelo que os construtores procuram explorar a reutilização de cimbres já existentes.

Por vezes, fabricam-se cimbres modulares de forma a antecipar a sua re-utilização noutras obras.

No entanto as soluções mais comuns para viabilizar a re-utilização de um cembre exigem um projecto de redimensionamento e a respectiva execução de reforços. Para além desse procedimento implicar custos significativos, em termos de projecto e de execução, tal tem implicações perceptíveis nos respectivos prazos de resposta.

Há conhecimento do recurso ocasional a pré-esforço ajustável como por exemplo nos pedidos de patente WO00/68508, WO00/28168 e WO01/27406. Tal significa usar pré-esforço por níveis de carga. Essa solução sendo estruturalmente muito eficaz, por permitir tirar elevado partido do pré-esforço, não é sistemática, levantando por isso problemas de acompanhamento técnico, controlo de qualidade e de morosidade de execução.

Descrição da invenção

A presente invenção visa solucionar uma série de problemas e deficiências do estado da arte através de um cembre em que o pré-esforço ajusta-se de modo automático. É ainda um outro objectivo da presente invenção proporcionar um método de reforçar cimbres recorrendo a pré-esforço auto-ajustável.

Muito sucintamente, os referidos objectivos são alcançados através de um cembre pré-esforçado que possui sensores que permitem medir e enviar continuamente dados sobre a estrutura do cembre a um sistema de controlo; sendo esse sistema de controlo capaz de analisar os referidos dados e promover a actividade de actuadores, o que se materializa na variação de tensionamento dos cabos de pré-esforço. A implementação das variações no tensionamento dos cabos de pré-esforço é realizada, por exemplo, através de sistemas servo-hidráulicos permanentemente instalados entre os cabos e o cembre.

A presente invenção traz várias melhorias ao estado da técnica. Para além de uma substancial redução de perdas de pré-esforço, permite o uso de pré-esforço não só para compensar cargas permanentes mas, também, para compensar integralmente, ou quase integralmente, cargas variáveis. Note-se que não é possível fazer essa "compensação" com pré-esforço convencional, pois tal provocaria tensões e deformações excessivas no cimbra por levantamento. Aliás, é solução corrente os cimbres serem dimensionados para a carga total, o que os torna onerosos e incapazes de servir para a construção de obras que impliquem cargas ou vãos significativamente superiores.

Por outro lado, ao contrário do que acontece nas soluções conhecidas de pré-esforço ajustável, com pré-esforço auto-ajustável, o ajuste é efectuado automaticamente, permitindo maior rentabilidade, maior fiabilidade e maior controlo de qualidade.

O uso de pré-esforço auto-ajustável permite, não só reduzir o custo dos cimbres, como também, aumentar significativamente o número de reutilizações de um cimbra, pois o pré-esforço auto-ajustável assegura que um mesmo cimbra possa ser utilizado para vários níveis de carga (na construção de peças com pesos distintos) e/ou para vãos diferentes.

O pré-esforço auto-ajustável constitui um avanço no estado da arte na medida em que integra as vantagens do pré-esforço ajustável numa tecnologia fácil de sistematizar, sem os inconvenientes desta última solução.

Breve explicação das figuras

Figura 1 representa esquemática um cimbra com pré-esforço auto-ajustável;

Figuras 2 e 3 representam uma peça da extremidade passiva;

Figuras 4, 5. e 6 representam uma peça da extremidade activa com ancoragem passiva;

Figura 7 representa uma sela de desvio;

Figura 8 é um esquema do sistema de controlo;

Figura 9 é uma representação gráfica da implantação do algoritmo de controlo;
Figuras 10 e 11 representam uns sensores;
Figura 12 é um esquema do circuito hidráulico;
Figuras 13 e 14 mostram os cabos de pré-esforço não aderentes;
Figura 15 mostra um pormenor indicativo de montagem de cabos de pré-esforço;
Figura 16 é um esquema simplificado do Quadro Eléctrico;
Figura 17 representa a Unidade de Comando.

Descrição sumária da acção dos principais elementos constituintes do sistema

De acordo com a Fig. 1, o cimbre 1 é localmente reforçado de forma a poderem ser instalados cabos de pré-esforço. Os cabos de pré-esforço podem assumir configurações distintas, interiores 4 ou exteriores 5 ao perímetro do cimbre. Os reforços 12 são montados essencialmente na vizinhança das extremidades dos cabos de pré-esforço e na vizinhança das bielas 13 que dão apoio às selas de desvio. A extremidade passiva 3 inclui uma ancoragem passiva e a extremidade activa 11 inclui o macaco hidráulico. São instalados sensores 2 a meio vão que permitem avaliar o comportamento da estrutura, transmitindo essa informação através de um circuito eléctrico 10 para o quadro eléctrico 6 onde está o controlador e onde a informação é processada. Quando necessário, são emitidos sinais para o grupo hidráulico 7 que, gerando fluxos de óleo através dos respectivos encanamentos 8, promove movimentos do êmbolo do macacó instalado na extremidade activa do cabo de pré-esforço. O circuito hidráulico é dotado de dispositivos de segurança 9 adequados. Quando o cimbre é carregado, por exemplo durante a betonagem de uma estrutura, o pré-esforço é auto-ajustado de forma a reduzir deformações e de forma a reduzir tensões nos elementos estruturais do cimbre.

Aplicação de pré-esforço auto-ajustável num cembre pré-existente

Adaptação da estrutura metálica do cembre pré-existente

Realiza-se a caracterização numérica da estrutura do cembre que se pretende re-utilizar **1** recorrendo, por exemplo, a um programa de cálculo automático.

Atendendo às restrições físicas da aplicação em causa, define-se um traçado linear ou multi-linear, seguindo os critérios habituais de dimensionamento de pré-esforço em estruturas metálicas, procurando-se maximizar a excentricidade a meio vão. Esse traçado pode ser interior **4** ou exterior **5** ao perímetro do cembre, dependendo da aplicação e do tipo de cembre. No último caso, a excentricidade dos cabos é assegurada por bielas **13** que sustentam as selas de desvio **14** (ver Fig. 1 e Fig. 4). Caso necessário essas bielas poderão ser extensíveis fazendo-se uso de sistemas servo-hidráulicos.

Conhecidas as cargas das cofragens, o peso linear da estrutura que se pretende construir e outras cargas que se considerem relevantes, pré dimensiona-se o pré-esforço P total a aplicar.

O valor de P pode ser determinado, por exemplo, de forma a anular a flecha a meio vão quando o cembre está submetido a todas as cargas de serviço. Para o respectivo cálculo, seguem-se os procedimentos habituais, sendo que apenas se quantificam as perdas por atrito, uma vez que todas as outras perdas podem ser obviadas com pré-esforço auto-ajustável.

Conhecido P , seleccionam-se os cabos de pré-esforço a adoptar entre aquelas disponíveis no mercado. Os cabos de pré-esforço são não aderentes podendo ser monocordões **30** ou cabos com vários cordões **31** (ver Fig. 9).

Seleccionam-se as ancoragens entre aquelas disponíveis no mercado e em conformidade com a escolha dos cabos. As ancoragens poderão ser ambas passivas **16**, tanto na

extremidade passiva como na extremidade activa (onde se encontram os macacos) (ver Fig. 2 e Fig. 3).

Nos dois procedimentos anteriores deve atender-se à compatibilização da geometria dos cabos com a geometria do cimbreiro, de forma a que as peças de interface dos cabos com a estrutura não sejam excessivamente robustas. Se for caso disso, pode alterar-se o traçado e voltar a dimensionar o pré-esforço.

Definem-se os tipos de extremidades dos cabos, o que é diferente da definição do tipo de ancoragens, como a seguir se clarifica. As extremidades activas 11 têm os macacos integrados e as extremidades passivas 3 apenas incluem ancoragens passivas (ver Fig. 2 e Fig. 3). É possível um cabo ter uma ou duas extremidades activas.

Caso se pretendam usar macacos específicos de pré-esforço convencional, na extremidade activa não se usam ancoragens. Caso se pretendam usar macacos não específicos de pré-esforço 23, adoptam-se ancoragens passivas 16 em ambas as extremidades, pois estas são suportadas por peças especialmente desenhadas para cada aplicação (ver Fig. 3). Salienta-se o facto de ser possível usar ancoragens passivas nas extremidades activas.

Essas peças são projectadas de acordo com procedimentos habituais, atendendo às condições de apoio, às dimensões das ancoragens e às forças de pré-esforço máximas que podem ser aplicadas (ver Fig. 3).

No caso das extremidades passivas, as peças de suporte das ancoragens passivas 15 são directamente apoiadas no cimbreiro (ver Fig. 2). No caso das extremidades activas, as peças de suporte das ancoragens passivas 18 são apoiadas nos macacos hidráulicos, pelo que o seu dimensionamento exige o dimensionamento dos referidos macacos (ver Fig. 3).

Sendo conhecidas as forças envolvidas (anteriormente calculadas), pode à partida fixar-se a máxima pressão do óleo e dimensionar, de acordo com procedimentos habituais, o número de macacos e as respectivas dimensões.

Dispõe-se assim da informação necessária para dimensionar as peças de suporte das ancoragens passivas 18

(nas extremidades activas) e as placas de reacção 17, que são as peças de suporte dos macacos hidráulicos e que se apoiam directamente no cimbre (ver Fig. 3).

Atendendo as forças de pré-esforço e à definição geométrica do traçado, dimensionam-se as selas de desvio 14 e as peças que as sustentam 13 (ver Fig. 4). No desenho das selas de desvio (peças de interface entre os cabos e o cimbre que introduzem variação de direcção no traçado dos cabos) deverá atender-se à curvatura mínima dos cabos de pré-esforço. No dimensionamento destes elementos adoptam-se procedimentos habituais para o efeito, sendo fundamental atender a eventuais defeitos construtivos na quantificação de esforços.

Se o atrito entre os cabos e as selas de desvio for muito elevado podem ser usadas selas de desvio com peças deslizantes (com cursos tangentes aos cabos).

Sendo já conhecidas as forças de pré-esforço e estando dimensionadas as peças de suporte de ancoragens e as selas de desvio, e ainda, estando fixas as dimensões dos macacos, integram-se esses elementos no modelo de cálculo e dimensionam-se os reforços metálicos 12 onde tal seja necessário, nomeadamente na vizinhança das selas de desvio e das ancoragens (ver Fig. 1). Adoptam-se procedimentos habituais para o efeito.

Procede-se ao fabrico e montagem das peças complementares de interface entre cimbre e cabos de pré-esforço e das peças de reforço. A peça de suporte da ancoragem passiva da extremidade activa 18 só pode ser montada depois do(s) respectivo(s) macaco(s).

Desenvolvimento dos programas de processamento e estratégia de controlo

Os programas ou códigos de processamento são desenvolvidos de acordo com técnicas informáticas bem conhecidas, numa linguagem compatível com o controlador seleccionado (autómato ou computador). As rotinas devem atender ao tipo de sinais de entrada e de saída (digitais

ou analógicos) adoptados em cada caso para cada variável, o que tem uma correspondência directa com a montagem do quadro eléctrico posteriormente descrita.

Para além de outros programas complementares que se entendam necessários, são elaborados 3 programas de processamento:

- P1 - Programa teste
- P2 - Programa principal
- P3 - Modo de descarregamento

O programa P1 incorpora um algoritmo elementar para promover um curso de esticamento e relaxamento do cabo de pré-esforço. Destina-se à realização de ensaios de calibração ou à realização de testes de manutenção.

O programa P2 incorpora o algoritmo que reflecte a estratégia de controlo adoptada. É apresentada seguidamente uma possibilidade.

O programa P3 incorpora um algoritmo elementar para promover o retorno dos actuadores à posição inicial. Pode, por exemplo, ser usado para aliviar o cimbrio no fim da fase construtiva de uma estrutura não pré-esforçada.

Na elaboração dos programas elementares P1 e P3 é necessário assegurar que a implementação das acções é feita de forma suficientemente lenta. Para isso adoptam-se os mesmos critérios definidos para o efeito na rotina principal.

A estratégia de controlo do programa principal é desenvolvida com base no circuito de controlo representado na Fig. 5. Este diagrama distingue-se do habitual (em sistemas de controlo activo em estruturas) pelo facto do actuador estar incorporado na estrutura.

No actual quadro tecnológico é aconselhável o uso de autómatos (PLC's) em vez do uso de computadores, por motivos de fiabilidade e de robustez perante a agressividade do meio, embora ambas as soluções possam ser adoptadas.

Atendendo às especificidades de cada caso, podem ser elaborados vários tipos de estratégias de controlo. No caso geral, pode ser adoptada uma das seguintes duas:

- e1) Controlo de tensões na secção de controlo (secção inferior do meio vão)
- e2) Controlo da flecha (deslocamento vertical do meio vão do cimbreiro).

A estratégia de controlo e1) desenvolvida para outras aplicações traduz-se num algoritmo simples, semelhante ao clássico "on-off". Basicamente, para um cimbreiro com apenas um actuador, se na secção de controlo a tracção aumenta, o êmbolo do macaco percorre cursos elementares de afastamento (as forças de pré-esforço são ampliadas); contrariamente, se a tracção diminui, o macaco percorre cursos elementares de aproximação (as forças de pré-esforço são reduzidas). Esse algoritmo, traduzido por uma representação gráfica na Fig. 6, tem a seguinte tradução matemática:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \Delta_{ai} < \sigma_{Sci}(G) + \sigma_{Sci}^t(Q) + nc_t \times \bar{\sigma}_{Sci}^A < \Delta_{ci} & \Rightarrow nc_{t+\Delta t} = nc_t \\ \sigma_{Sci}(G) + \sigma_{Sci}^t(Q) + nc_t \times \bar{\sigma}_{Sci}^A > \Delta_{ci} & \Rightarrow nc_{t+\Delta t} = nc_t + 1 \\ \sigma_{Sci}(G) + \sigma_{Sci}^t(Q) + nc_t \times \bar{\sigma}_{Sci}^A < \Delta_{ai} & \Rightarrow nc_{t+\Delta t} = nc_t - 1 \end{array} \right.$$

Equação (1)

onde,

- $\sigma_{Sci}(G)$ é a tensão na secção de controlo i devido à carga permanente;
- $\sigma_{Sci}^t(Q)$ é a tensão na secção de controlo i devido à carga variável no instante t ;
- $\bar{\sigma}_{Sci}^A$ é o incremento de tensão na secção de controlo i produzido pelo actuador num curso elementar;
- nc_t e $nc_{t+\Delta t}$ são o número de cursos elementares que afastam o cilindro da posição original nos instantes t e $t+\Delta t$.
- $nc_t \times \bar{\sigma}_{Sci}^A$ é a tensão secção de controlo i devido à acção do actuador no instante t ;

\bullet_{ci} e \bullet_{ai}

São os níveis de tracção que induzem cursos de afastamento ou cursos de aproximação, respectivamente.

A adopção deste tipo de algoritmos deve ser acompanhada de medidas de fixação dos parâmetros de controlo de forma a evitar instabilidade.

Como na aplicação em causa os carregamentos são muito lentos (as betonagens de estruturas, por exemplo de tabuleiros de pontes, podem durar várias horas) é particularmente fácil evitar o efeito de ampliação dinâmica, bastando para isso garantir que cada curso elementar seja realizado num período de tempo várias vezes superior ao período de vibração natural da estrutura (do cimbreiro).

Para todos os efeitos, a ampliação dinâmica deve ser quantificada e deve ser verificada a seguinte condição:

$$|\bar{\sigma}_{Sci}^A| \cdot \alpha < |\Delta_{ai} - \Delta_{ci}| - \sum |\delta_j|$$

Equação (2)

Onde, \bullet representa o factor de ampliação dinâmico medido durante a acção exclusiva do actuador num curso e δ_j representa cada incerteza j .

Numa aplicação comum, as incertezas fundamentais a considerar são: a diferença de tensão na secção de controlo devido a uma extensão igual ao máximo erro de leitura dos extensómetros ($\bullet 1$) e a diferença de tensão na secção de controlo devido ao máximo erro de posicionamento do cilindro do macaco hidráulico num curso elementar ($\bullet \bullet$) (esta última integra em si várias incertezas, nomeadamente, as que estão relacionadas com características materiais do cimbreiro e dos cabos, perdas de tensão e erros construtivos).

Mesmo que seja fornecida a quantificação dos referidos erros (ou os máximos desvios das propriedades dos materiais) pelos fornecedores dos equipamentos e materiais, devem proceder-se a ensaios para quantificar

experimentalmente os respectivos valores durante o processo de calibração que é posteriormente descrito.

Neste tipo de aplicação, dada a grande duração do carregamento, são, no caso geral, desprezados os atrasos da resposta.

Paralelamente deve ser verificada a seguinte equação:

$$\sigma_{Sci}(G) - \Delta_{ai} < |\bar{\sigma}_{Sci}^A| - \sum |\delta_j|$$

Equação (3)

O cumprimento desta equação garante que na ausência de carga, o sistema retorna a posição original.

A fixação dos parâmetros de controlo é feita do seguinte modo.

- O incremento de tensão na secção de controlo i produzido pelo actuador num curso elementar $\bar{\sigma}_{Sci}^A$ é definido em função do menor curso que o macaco é capaz de realizar com precisão aceitável (conhecido o curso, que é igual ao alongamento dos cabos, conhece-se o pré-esforço e por conseguinte, a respectiva variação de tensão na secção de controlo);
- Conhecido esse valor e conhecido o valor do somatório das incertezas (função do equipamento e materiais seleccionados), determina-se Δ_{ai} fazendo uso da Equação 3.
- O valor de \cdot é previamente fixo e depois confirmado experimentalmente.
- Finalmente fixa-se Δ_{ci} atendendo à Equação 2.

Este algoritmo pode ser facilmente generalizado para cimbres com vários actuadores. A estratégia de controlo e2) pode ser traduzida por um algoritmo semelhante.

A elaboração de estratégias mais robustas passa pela consideração de factores como a forma como a betonagem é feita ou a consideração de carregamentos não simétricos (por exemplo, tabuleiros de ponte em curva). Neste último caso podem estudar-se sistemas de pré-esforço auto-ajustável com actuação independente.

Preparação e execução do plano de instrumentação do cimbra

Em conformidade com a estratégia de controlo adoptada, desenvolve-se um plano de instrumentação que determina a localização dos sensores a instalar e suas especificações.

Podem ser usados vários tipos de sensores, por exemplo: extensómetros eléctricos 19 colados nas barras da secção de controlo, o que permite medir variações de extensão e consequentemente variações de tensão (solução indicada para a estratégia e1)); sensores de pressão 26 instalados num recipiente fechado 27 instalado a meio vão do cimbra na extremidade de um circuito hidráulico 28 que está ligado a um reservatório de água 29 num ponto fixo da obra, o que permite medir variações de pressão e consequentemente variações altimétricas de cota (solução indicada para a estratégia e2)) - ver Fig. 7.

Note-se que a tensão na secção de controlo pode ser determinada com base na leitura de extensões em mais do que uma barra (o que será o caso mais comum em cimbres com vigas treliçadas).

A medição da posição do êmbolo do macaco pode ser feita, por exemplo com um LVDT, que assegura o "feedback" da acção de controlo.

A especificação dos sensores é feita de acordo com procedimentos habituais para o efeito. Devem ser atendidos aspectos como: a grandeza das quantidades que vão ser medidas, as características dos materiais, a necessidade de compensação térmica, entre outras que se revelem relevantes em cada caso.

Apesar de não ser estritamente necessário, é aconselhável no plano de instrumentação prever a implementação de sensores complementares (alheios ao circuito de controlo). Por exemplo, podem colocar-se extensómetros em barras sujeitas a esforços elevados, podem montar-se sensores de temperatura ou podem montar-se outros sensores que se entendam relevantes no âmbito de uma determinada aplicação.

Procede-se à instrumentação de acordo com o plano estabelecido adoptando as técnicas indicadas para o efeito, que são bem conhecidas.

Dimensionamento e instalação do sistema hidráulico do actuador

O circuito hidráulico do actuador esquematicamente representado na Fig. 8 é trivial. Compreende, entre outros elementos, a bomba hidráulica 20 e o respectivo motor 21, as válvulas direccionais 22, as válvulas limitadoras de pressão 25 e outros dispositivos de segurança, o reservatório 24 e o macaco hidráulico (cilindro de esticamento) 23.

Este esquema base é adaptado em cada aplicação. Por exemplo, no caso de soluções de risco elevado, é instalada uma válvula de retenção pilotada entre a válvula direccional e o cilindro, evitando perdas de tensão no pré-esforço em cenários em que tal não seja admissível.

O dimensionamento e a instalação do sistema hidráulico são efectuados de acordo com técnicas comuns indicadas para o efeito, sendo necessário que se cumpram os requisitos de dimensionamento que a seguir se descrevem:

- r1) a força máxima de pré-esforço em cada macaco é igual à força de pré-esforço que este tem que produzir;
- r2) o máximo curso de cada cilindro corresponde ao alongamento dos cabos que produz a máxima força de pré-esforço;

- r3) a velocidade mínima de cada cilindro é tal que o período de resposta do sistema é igual ou inferior ao período de carregamento;
- r4) a velocidade máxima do cilindro é tal que o factor
• (factor de ampliação dinâmico) não implique instabilidade do sistema - ver Equação 2;
- r5) a pressão máxima admissível em cada cilindro é tal que as suas dimensões são geometricamente compatíveis com a sua inserção no cimbre.

No caso de se preverem vários actuadores ligados em paralelo, o dimensionamento do sistema hidráulico é estudado em conformidade.

Fabrico e montagem dos cabos de pré-esforço e respectivas ancoragens

Os cabos de pré-esforço são obrigatoriamente não aderentes, podendo ser constituídos por apenas um cordão 30 ou por vários cordões 31. Em ambos os casos as bainhas 32 são preenchidas com graxa 33 na envoltória de cada cordão 34. No caso de cabos constituídos por vários cordões 31, existem bainhas interiores a envolver os cordões e bainhas exteriores a envolver os cordões embainhados e a graxa - ver Fig. 9.

As peças de suporte de ancoragens e de macacos têm orifícios para os cabos de pré-esforço - ver Fig. 2 e Fig. 3. Caso se entenda vantajoso, essas peças poderão ser originalmente desenhadas com rasgos transversais (com o mesmo diâmetro dos orifícios) - ver Fig. 10 - de forma às ancoragens passivas poderem ser acopladas aos cabos de pré-esforço em fábrica e a respectiva montagem no cimbre ser um procedimento mais fácil. Nesse caso devem ser previstos batentes transversais para os cabos 35 (ver Fig. 10).

Alternativamente, se não se fizer a pré-instalação de ancoragens, os cabos são introduzidos através dos referidos orifícios e colocados na posição, sendo as ancoragens apenas colocadas posteriormente. Caso se usem macacos específicos de pré-esforço, o procedimento é análogo.

Desenho e montagem do quadro eléctrico e da unidade de comando

O quadro eléctrico é semelhante a quadros eléctricos montados noutros sistemas servo-hidráulicos sendo desenhado e montado de acordo com técnicas bem conhecidas. As componentes específicas são seleccionadas para cada aplicação sendo na generalidade adoptada uma estrutura com a organização apresentada na Fig. 11.

Os circuitos eléctricos 10 são ligados aos sensores 2 e às interfaces do processamento de sinal integradas no quadro eléctrico (Ver Fig. 1). O sinal daí resultante é enviado para controlador que o processa de acordo com o algoritmo de controlo, emitindo, por sua vez, sinais para o contactor (que acciona o motor eléctrico 21) e para a válvula direcciona 22 (que determina qual o sentido do fluxo de óleo) (Ver Fig. 8). Os circuitos de ligação entre os diversos elementos exteriores ao quadro eléctrico deverão ser protegidos.

Dependendo do risco da obra, deve ser considerada a necessidade de dimensionamento e instalação de um sistema de fornecimento de energia de emergência (UPS), de forma a assegurar o fornecimento de energia por um período a definir em cada aplicação, para o caso de haver corte de energia.

A unidade de comando constitui o equipamento de interface do operador com o quadro eléctrico e inclui apenas as funções fundamentais de comando. Pode ser adoptada uma solução semelhante à esquematicamente representada na Fig. 12. São disponíveis os seguintes comandos: "alarme" 36, "on-off" 38, "aceitar" 39, "muda de programa" 40 o que é visualizado no "visor de programa" 37 e ainda os dígitos de código de acesso 41 que são visionados no "visor de código de acesso" 42 - Ver Fig. 12.

Tanto o quadro eléctrico como a unidade de comando são instalados em locais protegidos, sendo fundamental o último estar também em local acessível do cimbre.

Calibração e ensaios preliminares

Concluída a adaptação do cembre e a montagem do sistema de pré-esforço auto-ajustável, são realizados ensaios preliminares e procedimentos de calibração.

Para o efeito, são levados a cabo procedimentos conhecidos para identificação de características mecânicas e estruturais utilizando o programa P1.

Avaliam-se as características e propriedades reais do cembre (condições de apoio, ligações e módulo de elasticidade), dos cabos de pré-esforço (perdas e módulo de elasticidade do(s) cabo(s)) e avalia-se o desempenho dos sensores e o desempenho e precisão do sistema hidráulico do actuador.

Recorre-se nesta análise, em paralelo, aos meios de instrumentação complementares anteriormente descritos, o que permite avaliar incertezas.

Em conformidade com os resultados numa primeira série de ensaios, realizam-se as seguintes acções de calibração:

- c1) - integrar a informação resultante no modelo numérico e verificar a segurança estrutural do cembre;
- c2) - ajustar os parâmetros do algoritmo de controlo;
- c3) - proceder ao ajuste ou a nova colocação de sensores;
- c4) - proceder ao ajuste do comprimento dos cabos através da colocação de "meias luas" de pequena espessura entre as ancoragens passivas e as peças que lhes dão apoio.
- c5) - proceder à afinação do sistema servo-hidráulico;

Repêtem-se sucessivamente os ensaios e os procedimentos de calibração até serem desprezáveis as deficiências do sistema.

Realizam-se ensaios de carga previamente estipulados atendendo às especificidades da obra.

Instalação de equipamentos de segurança

São instalados sistemas de alarme ligados aos sistemas de monitorização principal e aos sistemas de monitorização complementares, de acordo com a importância da obra e dos riscos envolvidos.

Utilização do cembre com pré-esforço auto-ajustável

Por omissão está seleccionado o programa P3. Iniciando-se a fase construtiva, o operador depois de aceder ao comando, digitando e confirmado o código de acesso, selecciona o programa P2 e liga o sistema seleccionando "on".

Para alcançar a máxima rentabilidade do sistema, deve ser seleccionado e activado o Programa P2 antes da colocação da cofragem sobre o cembre.

No caso de estruturas pré-esforçadas o operador não volta a aceder ao comando até a fase construtiva em causa estar concluída. Note-se que a tensão nos cabos do cembre é reduzida na razão inversa da aplicação do pré-esforço da própria estrutura.

No caso de estruturas não pré-esforçadas, depois da estrutura construída ter ganho presa, deve ser seleccionado um modo de alívio anteriormente descrito (programa P3).

Durante toda a operação deve ser feito um acompanhamento de grandezas medidas pelos sistemas de monitorização redundantes.

O sistema deve ser desactivado logo que a estrutura construída esteja em funcionamento.

Na transposição de vãos (em estruturas com vários vãos) caso o traçado de pré-esforço seja exterior ao perímetro do cembre, as bielas que sustentam as selas de desvio poderão ser recolhidas.

Todos os intervenientes da obra têm acesso ao comando alarme, sem necessidade de inserir o código de acesso. Este comando neutraliza o controlador e fecha o circuito hidráulico de forma a que o estado de tensão nos cabos de

pré-esforço se mantenha inalterado até ser desactivado o alarme pelo operador.

Para aplicações posteriores devem ser repetidos os procedimentos anteriormente descritos, sendo que para variações de carga não muito elevadas, poderão ser utilizados integralmente os mesmos equipamentos usados na aplicação cessante.

Aplicação de pré-esforço auto-ajustável num cembre dimensionado para o efeito

O dimensionamento do cembre é feito de acordo com os procedimentos habituais para o efeito atendendo às acções previstas. Neste caso, sendo prevista a acção de pré-esforço auto-ajustável, pode ser materializada uma significativa redução da secção de elementos estruturais, especialmente no que se refere aos elementos traccionados.

Conhecidas as propriedades do sistema, é vantajoso que o cembre seja concebido com uma constituição modular de forma a poder ser utilizado em obras com vãos diferenciados.

Uma vez desenhado e executado o cembre, os procedimentos a adoptar são semelhantes aos anteriormente descritos para cimbres pré-existentes.

Será evidente para um perito na matéria que poder-se-á fazer muitas mudanças e alterações à invenção descrita acima sem que se afaste muito do espírito ou âmbito da referida invenção.

Lisboa, 11 de Novembro de 2003

REIVINDICAÇÕES

1. Um cembre pré-esforçado por cabos não aderentes **caracterizado pelo facto** da estrutura base estar instrumentada com meios de sensorização que permitem monitorizar a referida estrutura e accionar pelo menos um actuador, que por sua vez aumenta ou reduz o tensionamento dos cabos de pré-esforço, a fim de proporcionar uma utilização mais eficaz do pré-esforço.
2. Um cembre de acordo com a anterior reivindicação, **caracterizado por** existirem também uns meios de controlo para analisar os dados captados pelos meios de sensorização e subsequentemente accionar o actuador ou actuadores.
3. Um cembre de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado por** os meios de controlo compreenderem pelo menos um computador ou autómato e pelo menos um programa de computador ou código de processamento.
4. Um cembre de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** o programa de computador ou código de processamento, analisar os dados vindos dos meios de sensorização e calcular as forças a serem aplicadas pelos actuadores nos cabos de pré-esforço e suas respectivas direcções.
5. Um cembre de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os meios de sensorização compreenderem pelo menos um sensor.
6. Um cembre de acordo com as reivindicações 1 e 5, **caracterizado por** os meios de sensorização situarem-se na superfície, na envoltória ou no interior da estrutura base.

7. Um cimbre de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, **caracterizado por** os sensores serem extensómetros, LVDTs, sensores de pressão, sensores laser, células de carga, ou aparelhos afins.
8. Um cimbre de acordo com as reivindicações 1, 5, 6 e 7, **caracterizado pelo facto** dos meios de sensorização poderem medir pelo menos deslocamentos, deformações, velocidades, acelerações, vibrações, níveis de carga, e converterem essas medições em sinais de saída.
9. Um cimbre de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo facto** da transmissão de dados ou sinais ser feita através de um circuito electrónico, comunicação sem fios, cabos de fibra óptica, RF, ou infravermelho.
10. Um cimbre de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o actuador ou actuadores serem elementos estruturais permanentes, durante pelo menos parte da utilização do cimbre.
11. Um cimbre de acordo com as reivindicações 1 e 10, **caracterizado por** o actuador ou actuadores compreenderem pelo menos um macaco hidráulico posicionado entre a estrutura base e uma ancoragem ou sela de desvio, sendo o referido macaco capaz de alterar a tensão dos cabos de pré-esforço.
12. Um cimbre de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado por** o macaco estar localizado entre uma placa de reacção ligada ao topo da estrutura base e uma peça preparada para receber a extremidade do macaco, onde se inserem uma ou mais ancoragens passivas.
13. Um cimbre de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado por** a

estrutura base ser de qualquer tipo entre as habitualmente usadas, nomeadamente, tipo caixão constituído por vigas treliçadas devidamente interligadas, ou com perfis standard ou com perfis compostos de alma cheia.

14. Um cimb্রে de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado por** a estrutura do cimb্রে ser, de preferência, uma estrutura metálica.

15. Um cimb্রে de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo facto** das extremidades dos cabos de pré-esforço serem fixas por ancoragens.

16. Um cimb্রে de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado por** os cabos terem, de preferência, um traçado recto, linear ou multi-linear, e estarem instalados no interior ou exterior do contorno da estrutura aproximando-se dos banzos traccionados nas secções com maiores esforços de flexão.

17. Um cimb্রে de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado por** o cimb্রে poder ser móvel ou imóvel.

18. Um cimb্রে de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado por** o cimb্রে poder ser superior ou inferior.

19. Um cimb্রে de acordo com quaisquer das reivindicações precedentes, **caracterizado por** o cimb্রে ter a estrutura principal em módulos, para se poder variar a sua dimensão conforme a obra onde é utilizado.

20. A utilização de um cembre de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** facto de ser incorporado no processo construtivo de estruturas de pontes, viadutos ou de outras estruturas.

21. A utilização de um cembre de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** facto de suportar vários níveis de carga e estruturas com pesos lineares distintos.

22. A utilização de um cembre de acordo com a reivindicação 1, 20 e 21, **caracterizado pelo** facto de poder ser utilizado em processos construtivos distintos, com betonagens *in situ* ou com peças pré-fabricadas.

23. Um método de ajustar de modo automático o pré-esforço de um cembre pré-esforçado **caracterizado por** compreender as fases de:

- haver uma estrutura de um cembre pré-esforçado com meios de sensorização e actuadores, posicionados entre as ancoragens e a estrutura, sendo os referidos actuadores capazes de alterar a tensão dos cabos de pré-esforço;

- quando os meios de sensorização detectam determinada redução de compressões na secção de controlo ou determinados deslocamentos verticais descendentes, esses referidos meios de sensorização emitem sinais que induzem pelo menos um actuador a ampliar as forças de pré-esforço na estrutura;

- quando os meios de sensorização detectam determinado aumento de compressões na secção de controlo ou determinados deslocamentos verticais ascendentes, esses referidos meios de sensorização emitem sinais que induzem pelo menos um actuador a reduzir as forças de pré-esforço na estrutura.

24. Um método de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado por** existirem, de preferência, uns meios

de controlo para analisar os dados dos meios de sensorização e subsequentemente accionar o actuador ou actuadores.

25. Um método de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado por** os meios de controlo compreenderem pelo menos um programa de computador para calcular quais as forças a serem aplicadas pelos actuadores nos cabos de pré-esforço e/ou suas respectivas direcções.

26. Um método de acordo com as reivindicações 23 a 25, **caracterizado por** o aumento do pré-esforço ser concretizado pelo afastamento da peça preparada para receber a extremidade do macaco relativamente à da estrutura base e a redução do pré-esforço ser concretizado pela aproximação da peça preparada para receber a extremidade do macaco relativamente à estrutura base, ou pela variação de afastamento dos pontos de sela relativamente à estrutura base.

Lisboa, 11 de Novembro de 2003

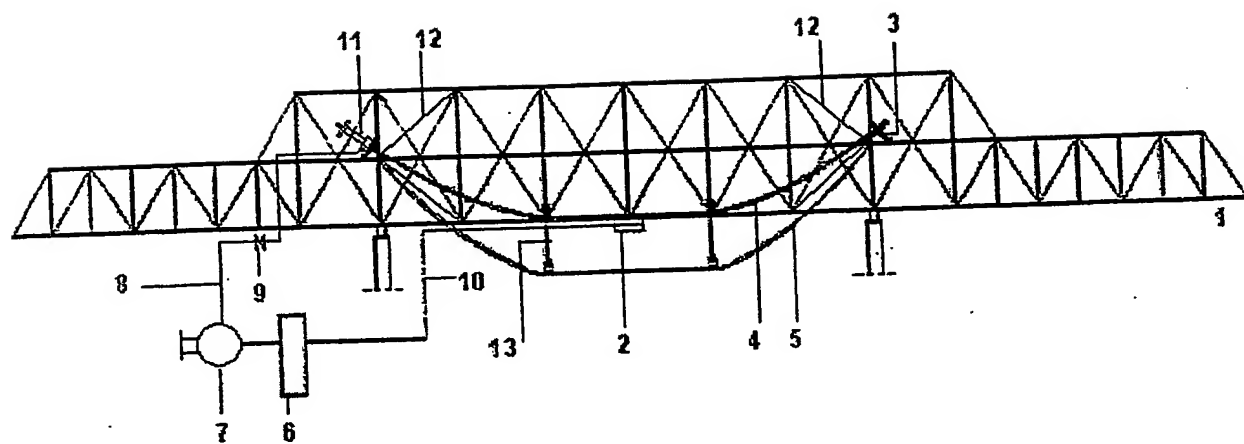
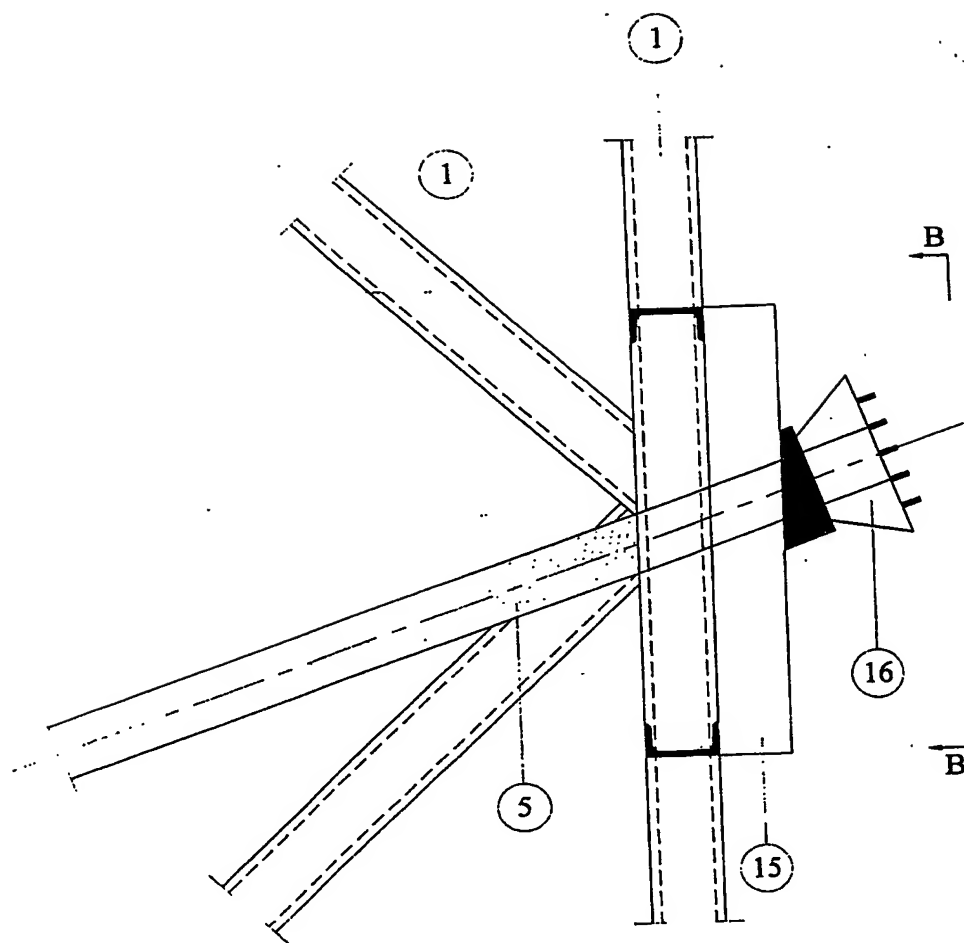


FIG. 1



VISTA A-A

FIG. 2

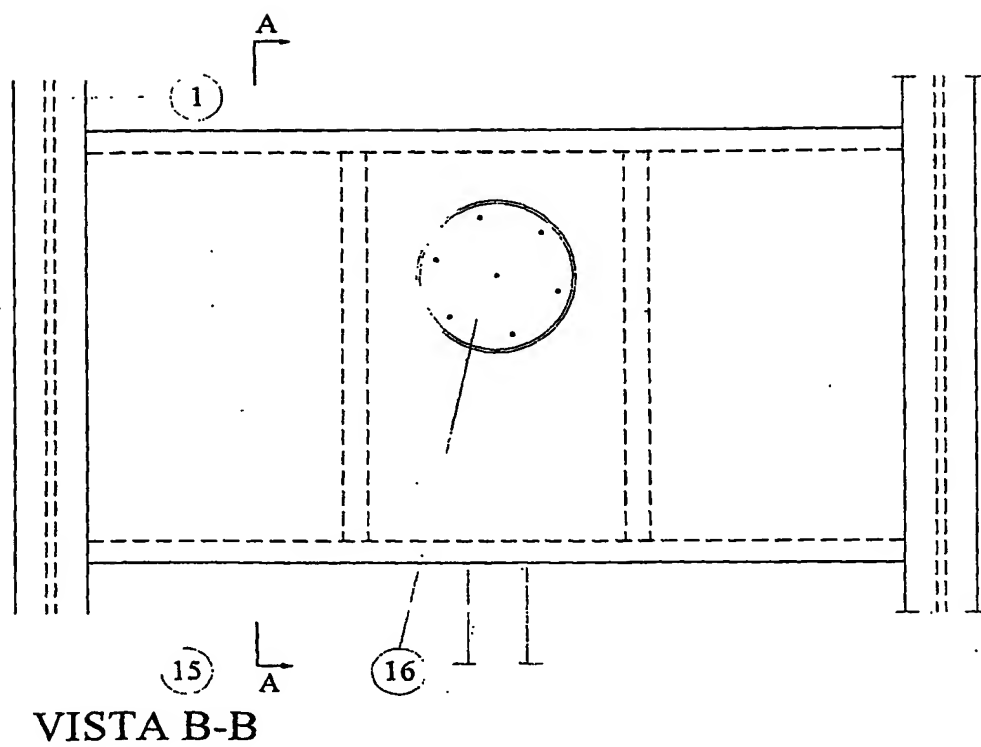


FIG. 3

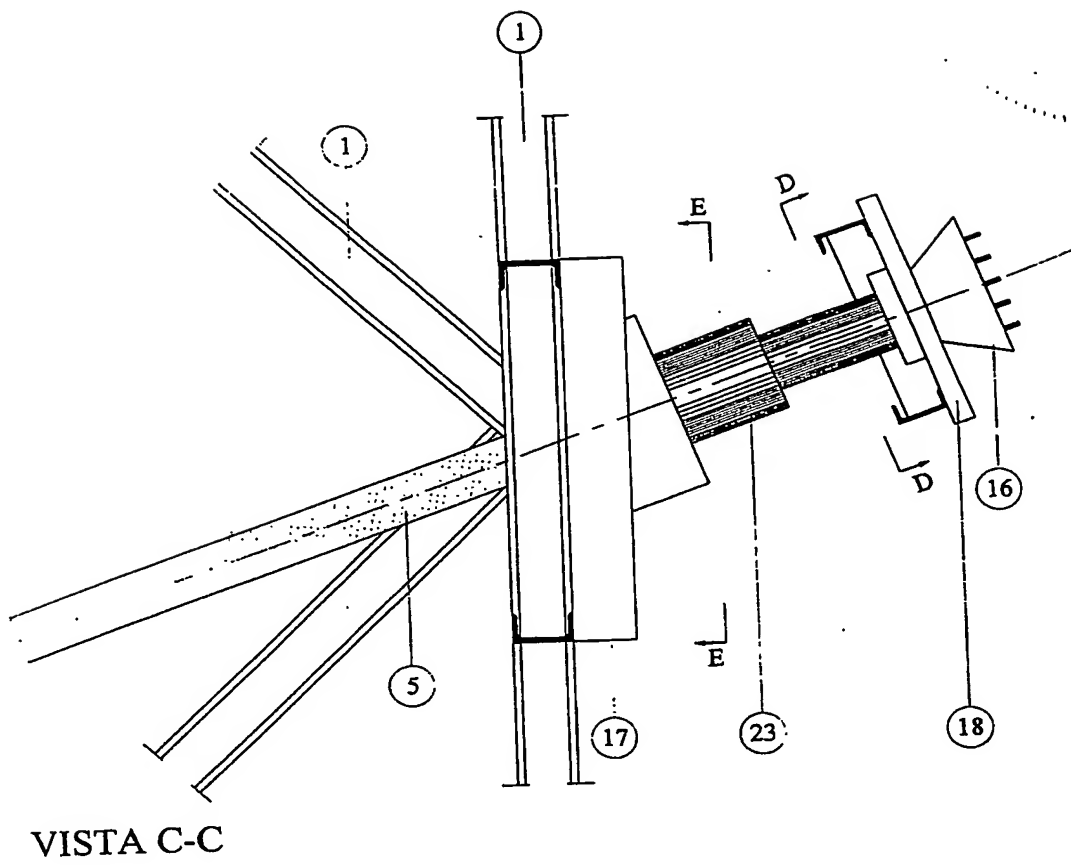


FIG. 4

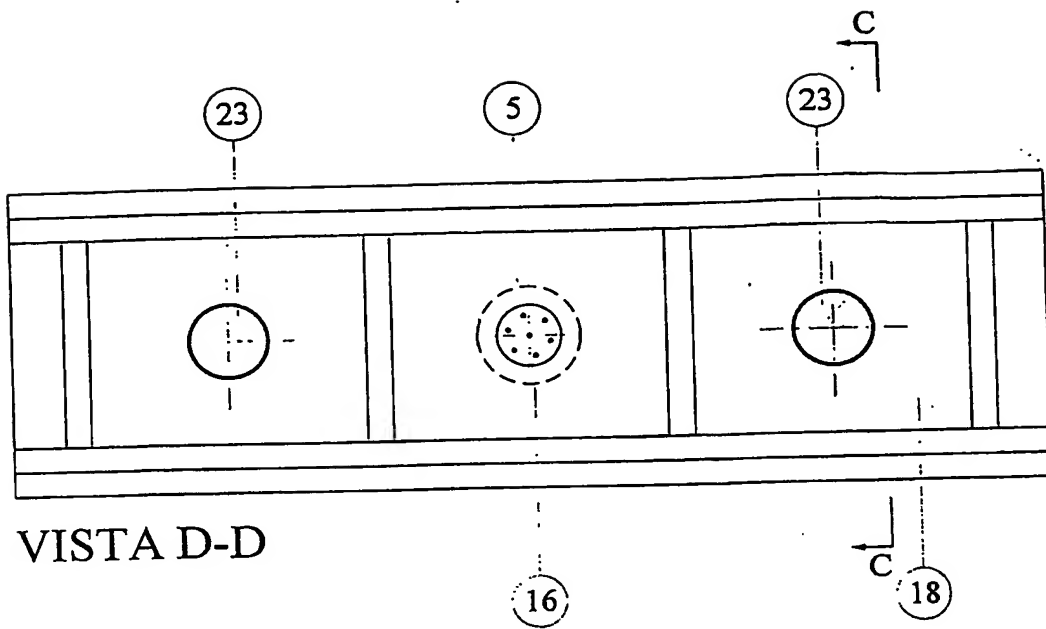


FIG. 5

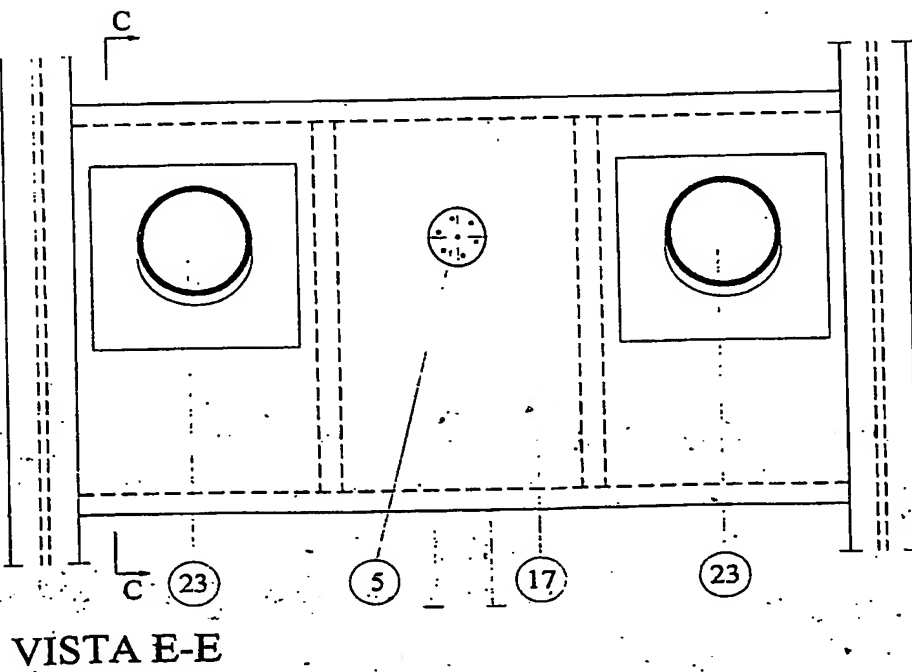


FIG. 6

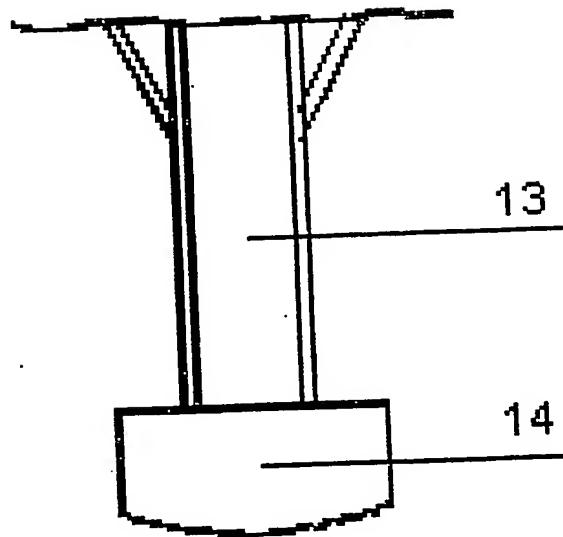


FIG. 7

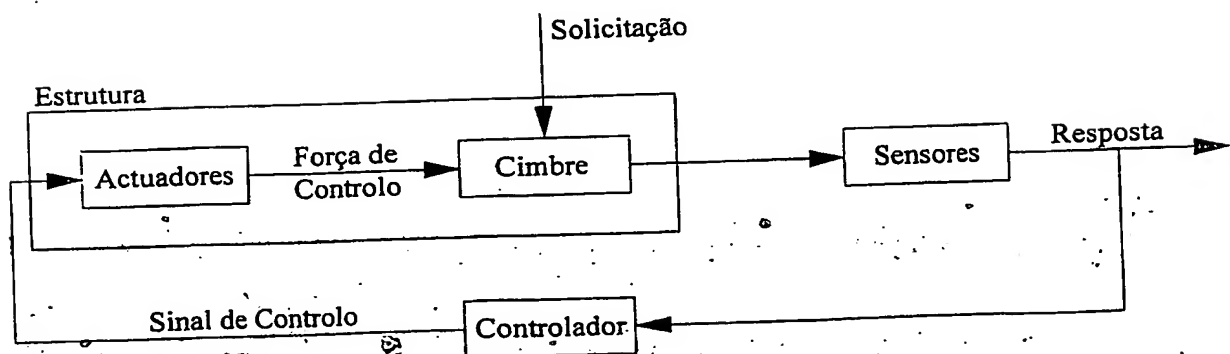


FIG. 8

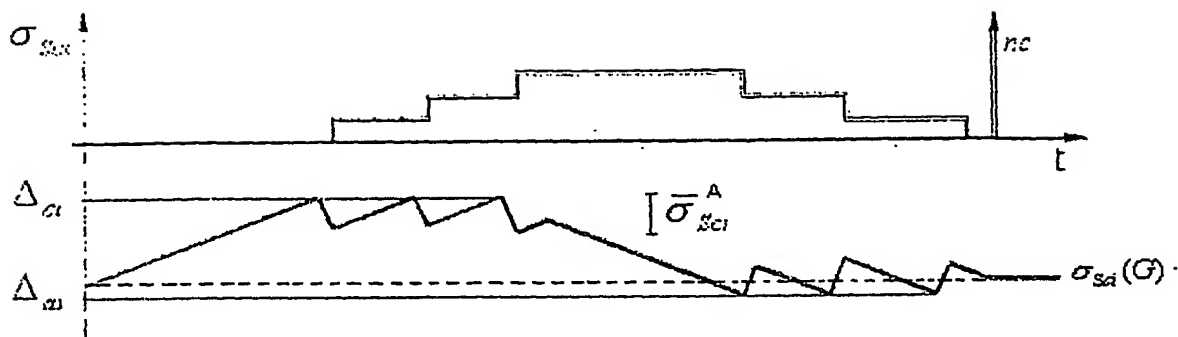


FIG. 9

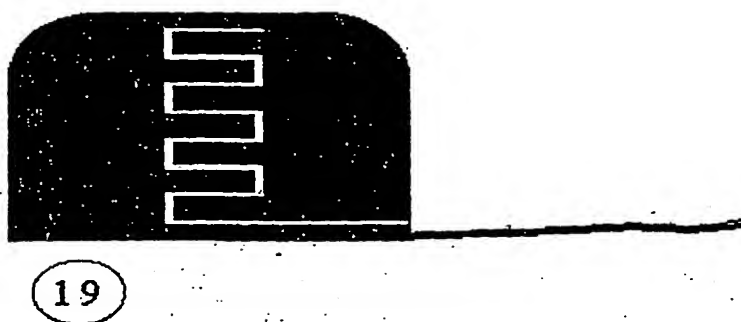


FIG. 10

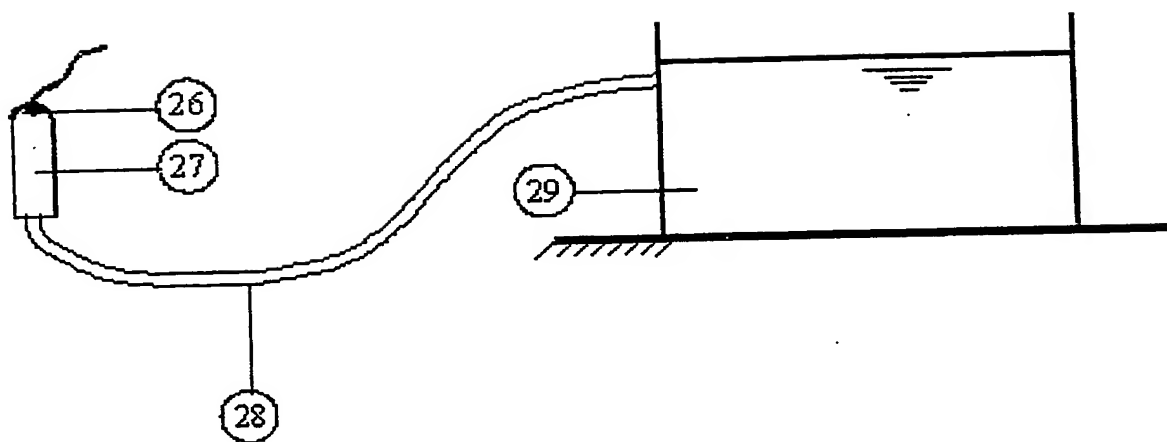
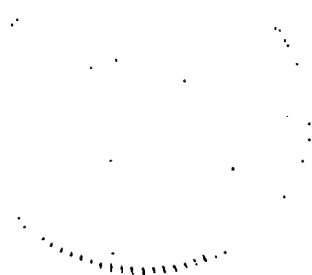


FIG. 11



9/12

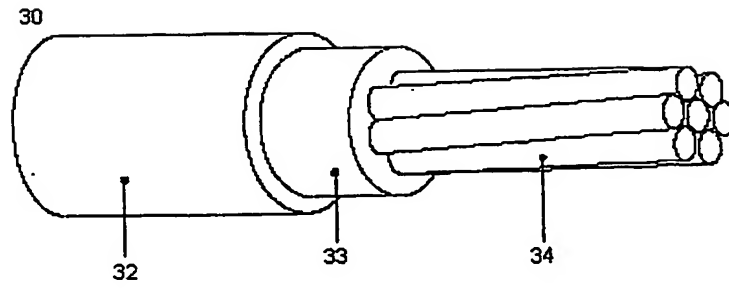


FIG. 13

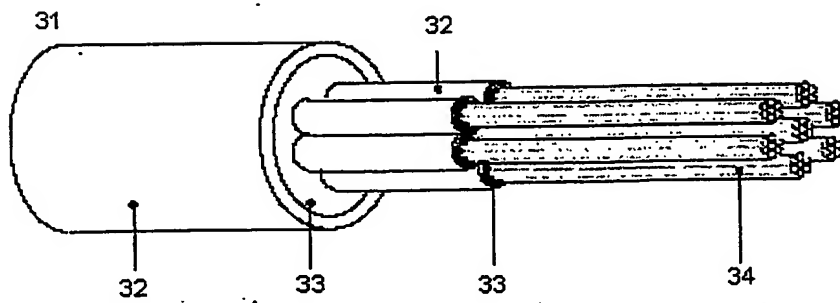


FIG. 14

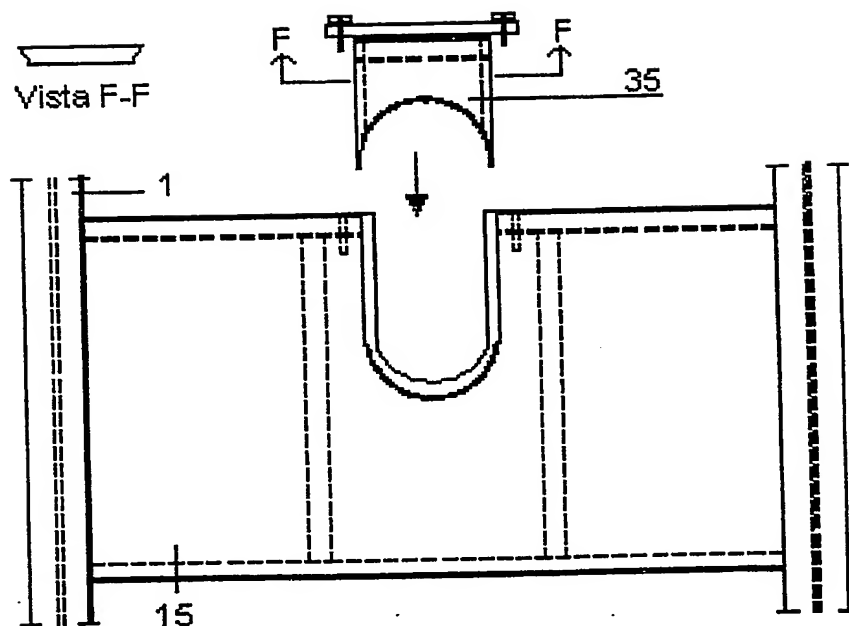


FIG. 15

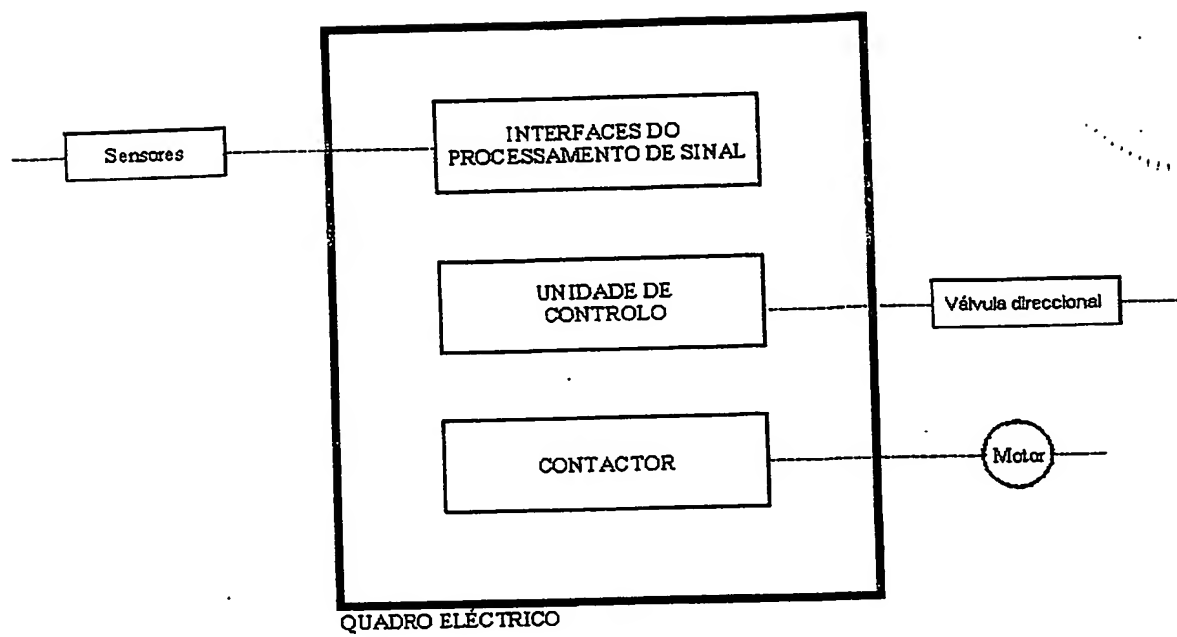


FIG. 16

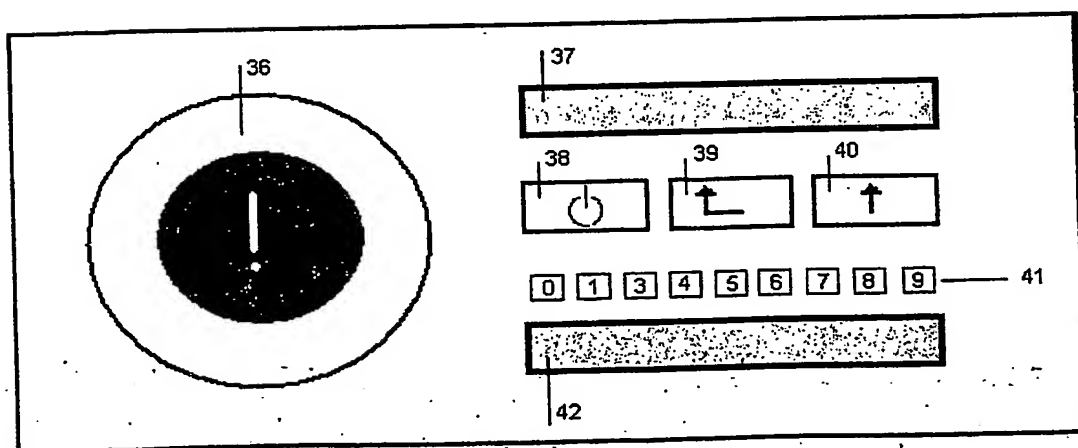


FIG. 17

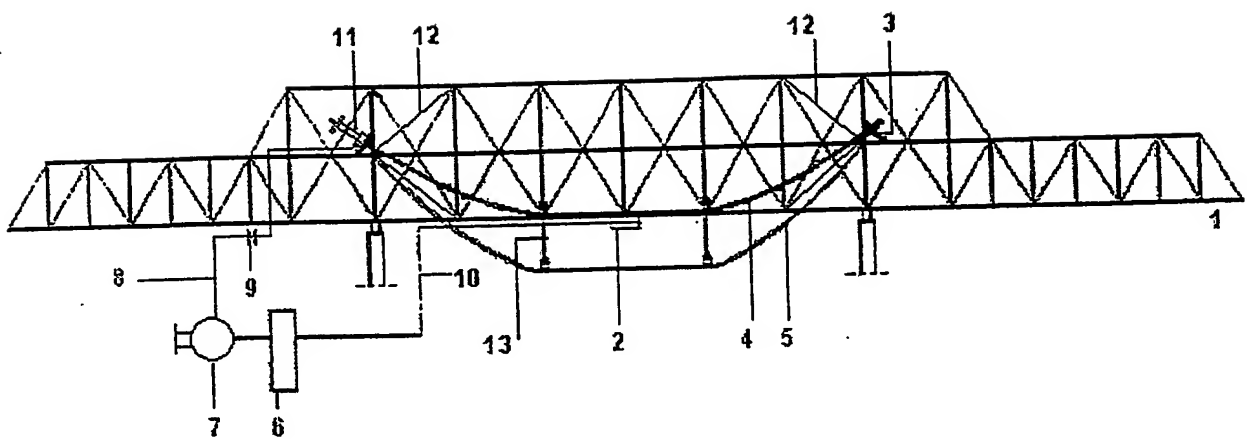
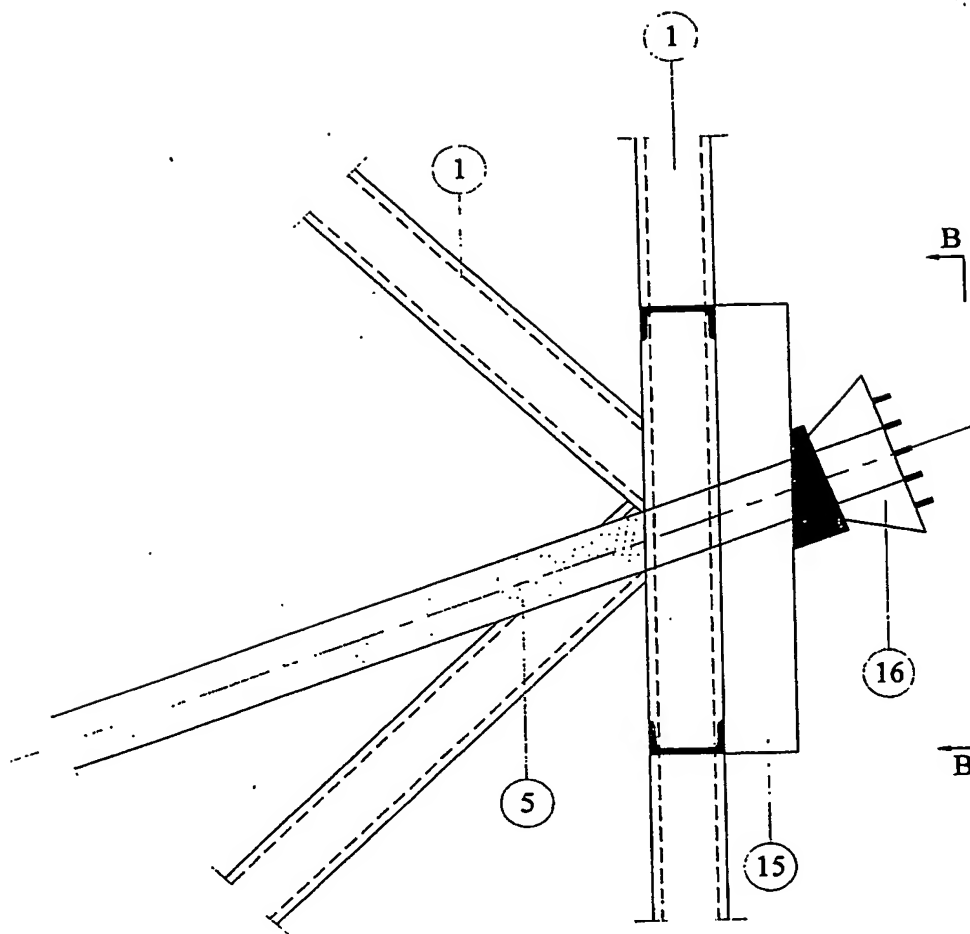


FIG. 1



VISTA A-A

FIG. 2

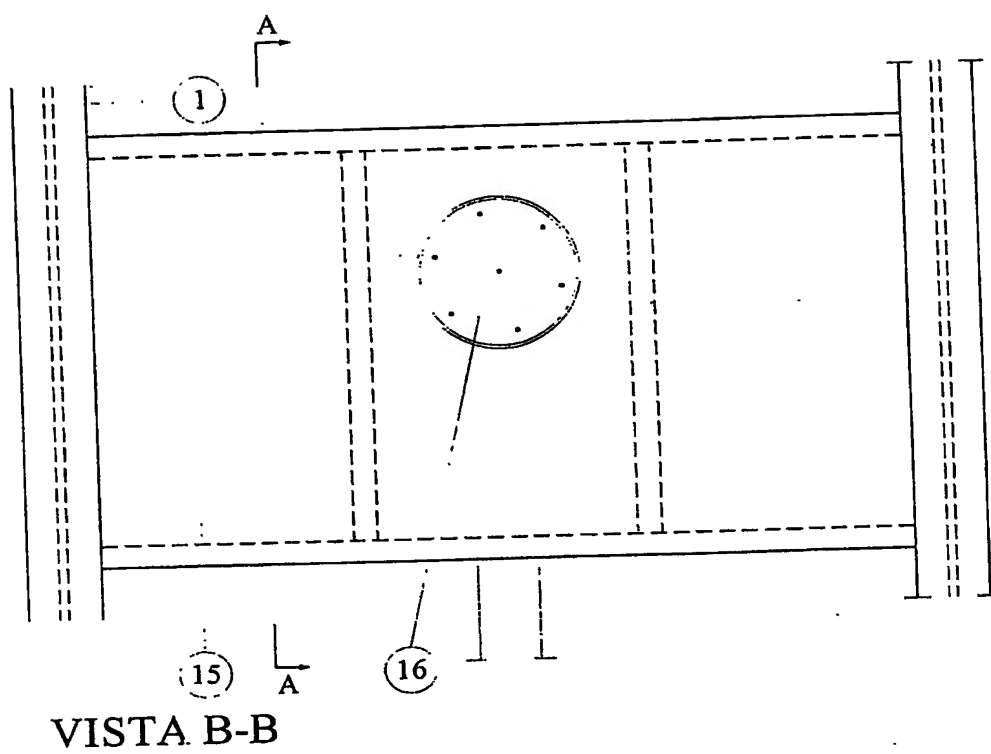


FIG. 3

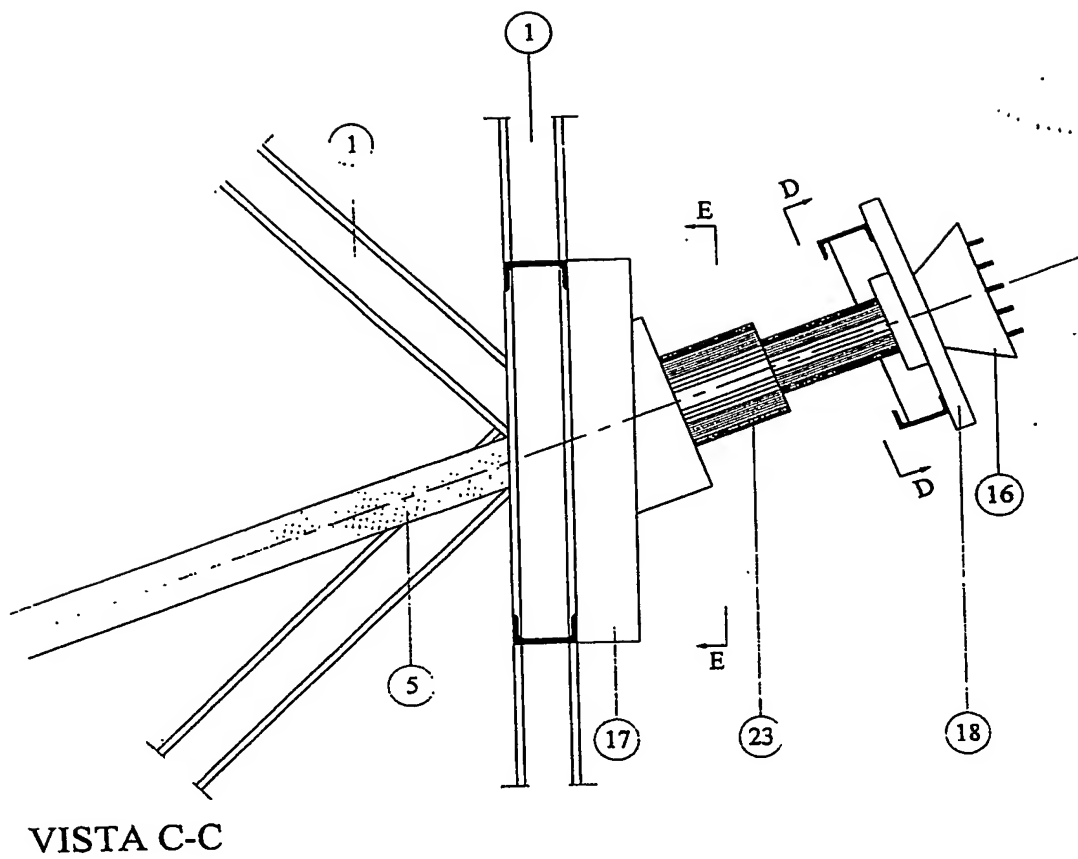


FIG. 4

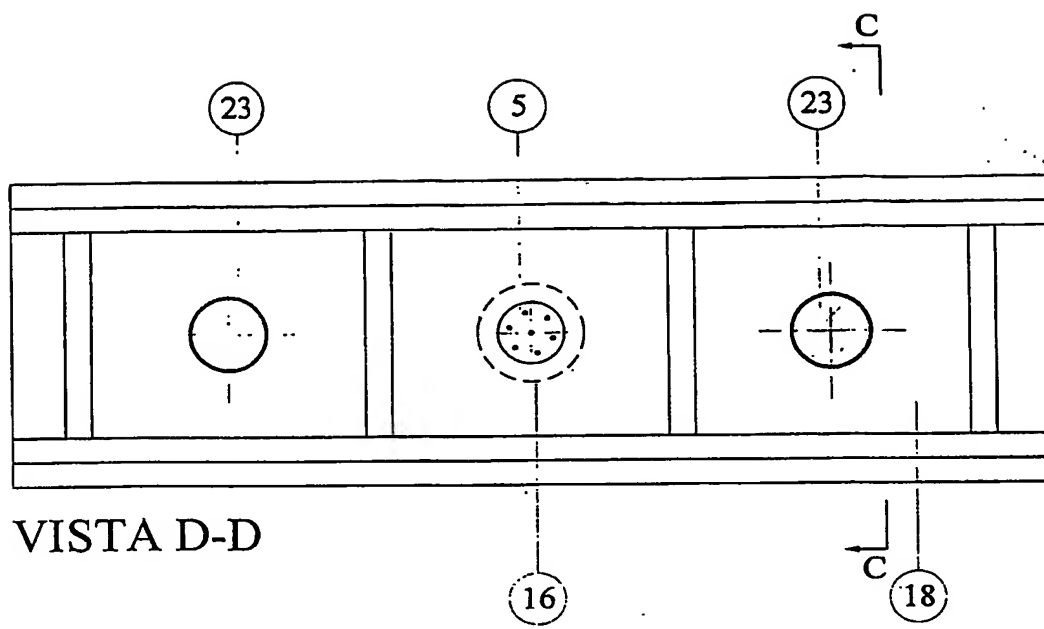


FIG. 5

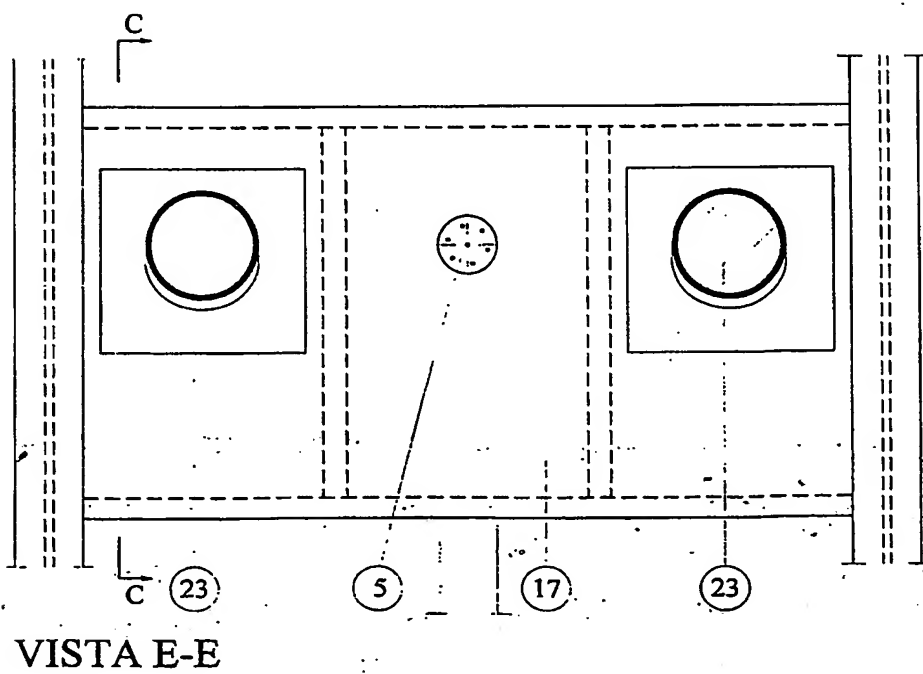


FIG. 6

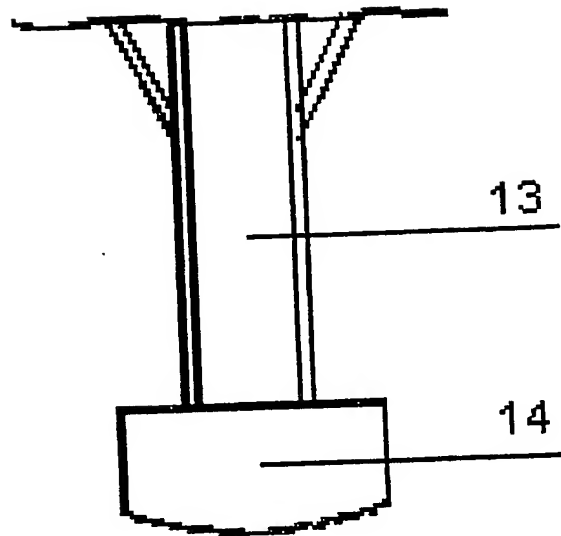


FIG. 7

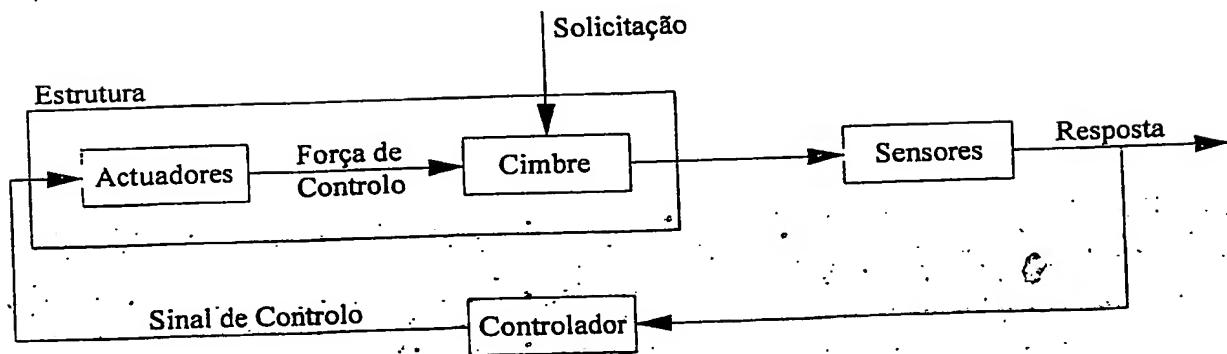


FIG. 8

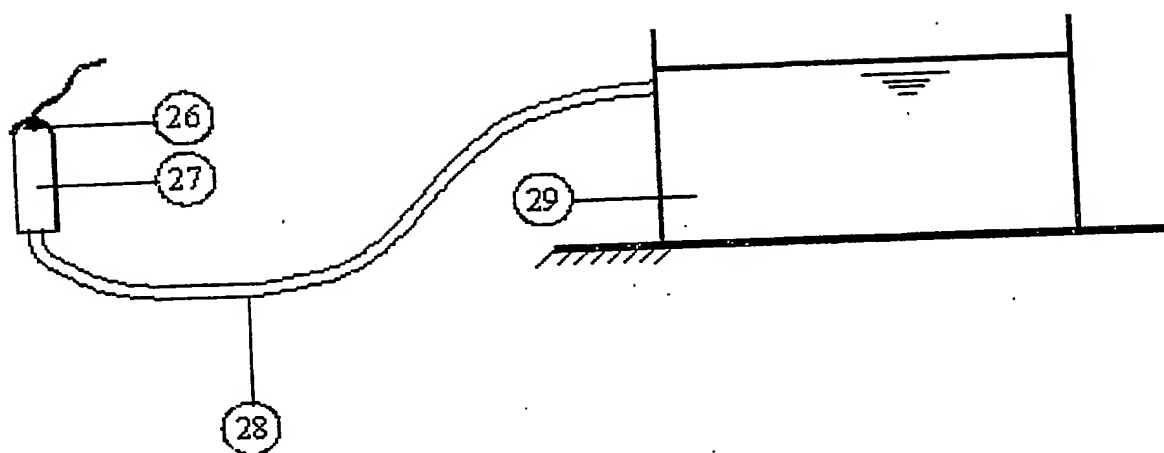


FIG. 11

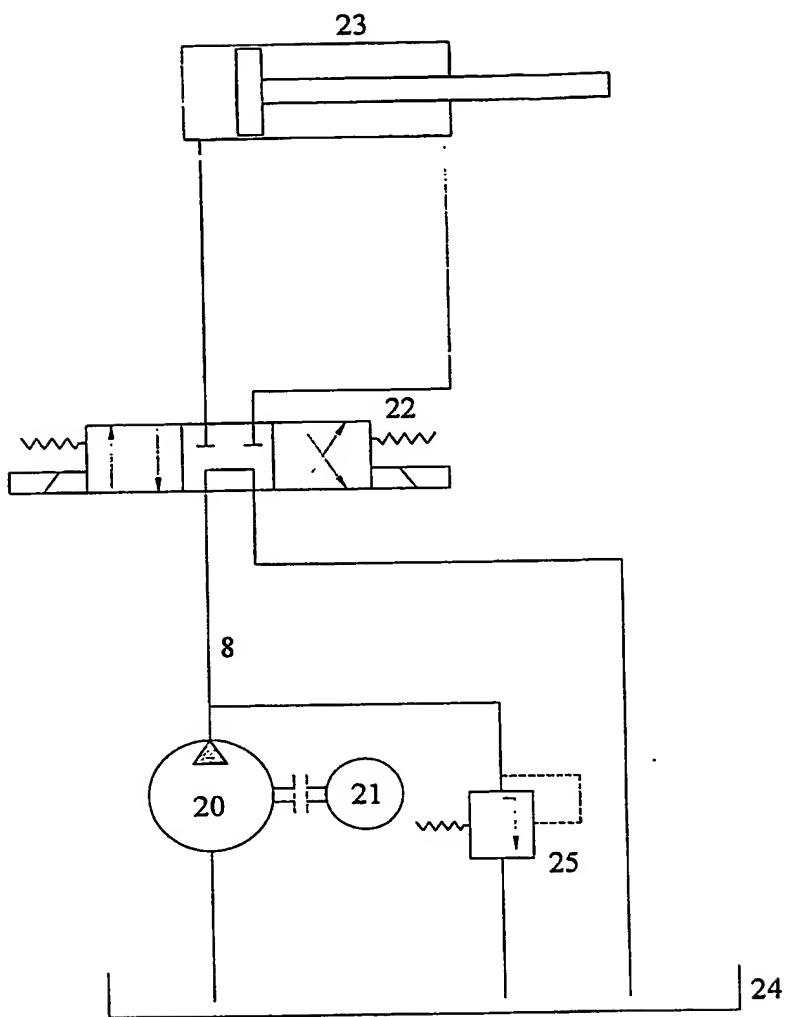


FIG. 12

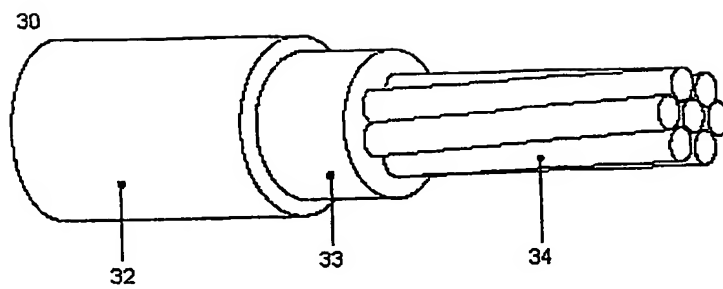


FIG. 13

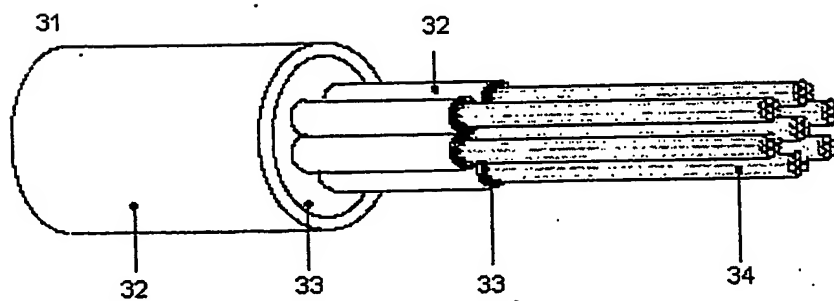


FIG. 14

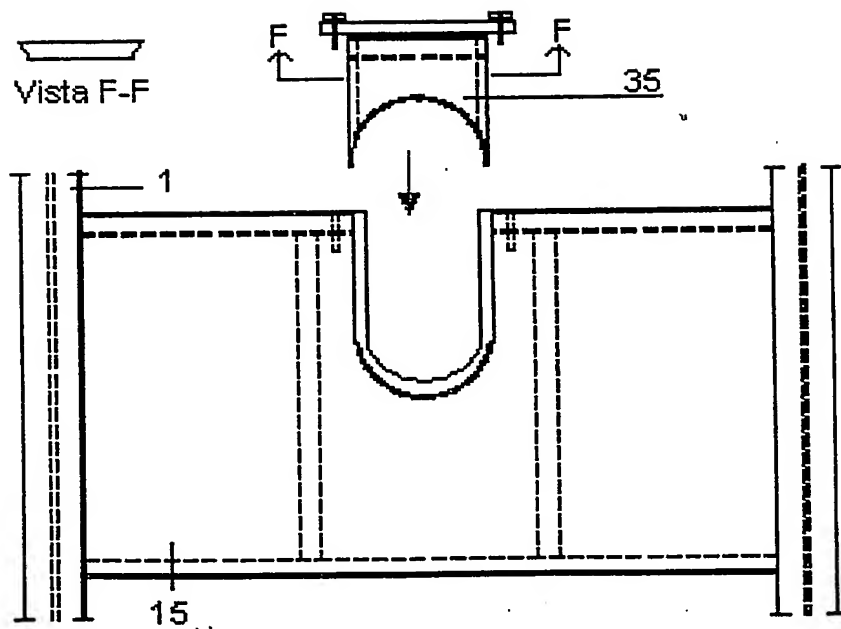


FIG. 15

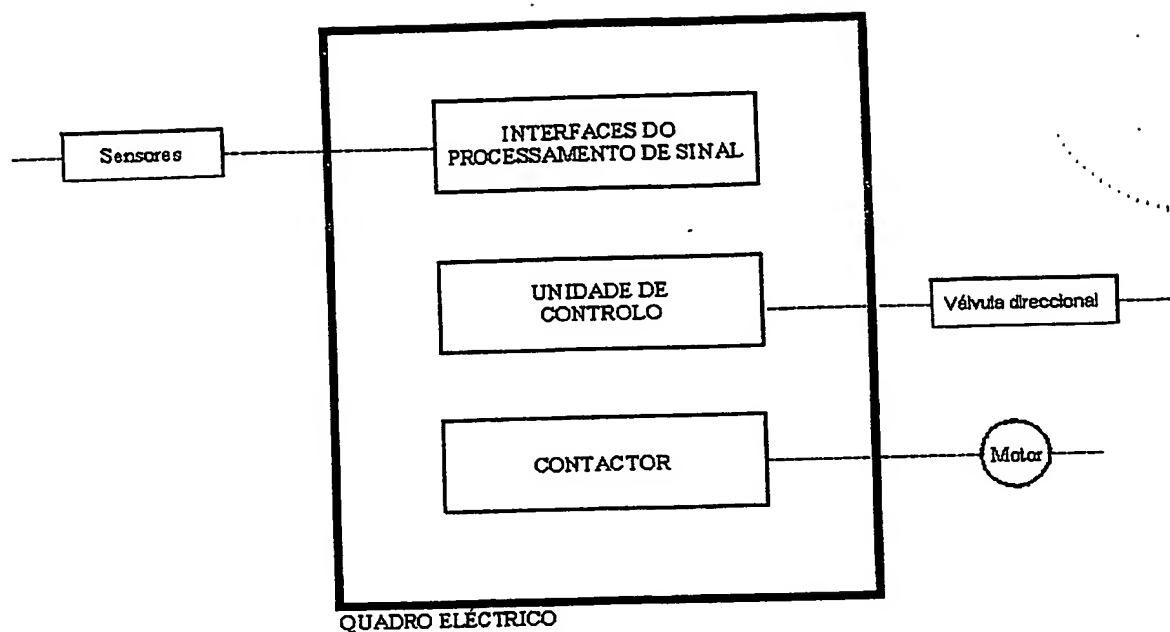


FIG. 16

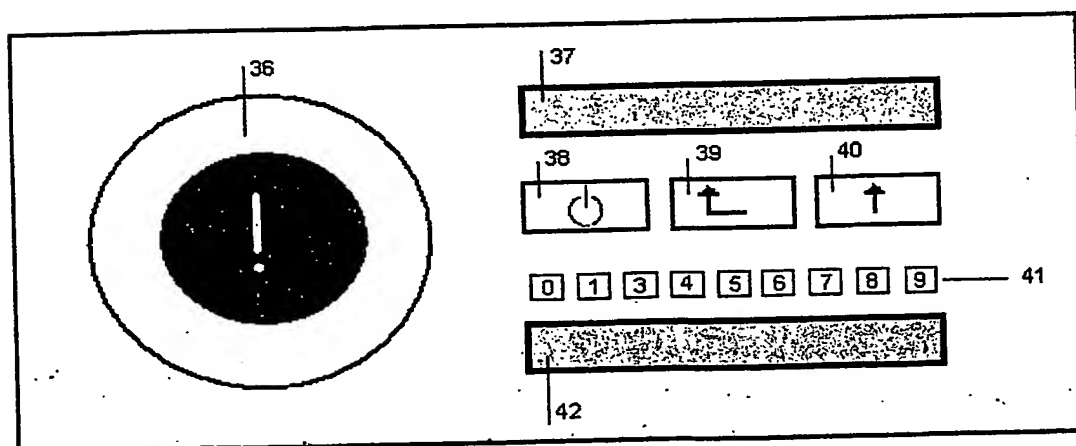


FIG. 17



INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA

AVERBAMENTOS :